

# Mô hình toán về dòng phù sa lơ lửng do hoạt động của chân vịt tàu biển

PGS. TSKH. NGUYỄN NGỌC HUỆ  
 Tổng công ty Hàng hải Việt Nam  
 ThS. NCS. NGUYỄN ANH TUẤN  
 Cục Hàng hải Việt Nam

**Tóm tắt:** Thông thường, tốc độ bồi lắng của luồng tàu được xác định thông qua các mô hình tính toán về trường dòng chảy, trường sóng và chuyển động bùn cát để dự báo lượng bồi lắng luồng tàu do sóng biển, dòng phù sa từ các sông đổ ra. Tuy nhiên, lượng phù sa lơ lửng do hoạt động của tàu thì chưa được xem xét từ góc độ nghiên cứu trên mô hình toán. Kết quả nghiên cứu trên mô hình toán về dòng phù sa lơ lửng do hoạt động của chân vịt tàu cho thấy khối lượng bồi lắng do tàu chạy trên luồng rất đáng kể và số liệu này cần được xem xét khi dự báo, theo dõi và lập kế hoạch duy tu nạo vét luồng hàng năm.

**Abstract:** Normally the sedimentation of ship channel is determined based on math models on current field, wavy field and silt movement to forecast the channel sedimentation caused by sea wave, alluvia currents from rivers. However, the hanged alluvial volume created by ship operation has not been considered in research aspect of math model. As the result of math model research on hanged alluvial current caused by ship propellers exposes that the volume of sedimentation created by ships in channel is remarkable and this figure must be considered when the forecast, observation and planning for annual maintenance dredging is made.

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, ở Việt Nam có rất nhiều các đề tài nghiên cứu, dự báo về bồi lắng luồng tàu nhưng vẫn chưa có được kết luận xác đáng, phù hợp với điều kiện cụ thể của từng vùng. Thông thường, cường độ bồi lắng của luồng tàu được xác định thông qua các mô hình tính toán về trường dòng chảy, trường sóng và chuyển động bùn cát để dự báo lượng bồi lắng luồng tàu do sóng biển, dòng phù sa từ các sông đổ ra và lượng bùn cát sạt sụt từ hai bờ luồng do tàu chạy.

Tuy nhiên, có một nguyên nhân gây nên hiện tượng bồi lắng luồng tàu và đặc biệt là hiện tượng sa bồi cục bộ vẫn chưa được xem xét để đưa vào mô hình tính toán. Đó là tác động xói bùn gây sa bồi của chân vịt tàu khi tàu chạy trên luồng. Tác động này càng lớn trong trường hợp luồng nông và mật độ giao thông của tàu trọng tải lớn cao như luồng tàu cảng Hải Phòng. Bài báo này sẽ làm rõ phần nào tác động gây sa bồi của chân vịt tàu đồng thời giới thiệu một số mô hình tính toán lượng sa bồi do chân vịt tàu gây ra hiện

đang được áp dụng trên thế giới.

Hiện tượng lớp phù sa đáy bị khuấy động và cuốn theo luồng nước do tác động của chân vịt tàu đã và đang được các nhà xây dựng công trình cảng quan tâm nghiên cứu. Vấn đề này có thể là nguyên nhân tái bồi lắng luồng tàu và đồng thời làm ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng nguồn nước. Các nghiên cứu khoa học đã chỉ ra rằng lượng sa bồi do tác động của chân vịt tàu thủy là khá lớn. Áp lực xói gây ra bởi chân vịt tàu và làn tàu thường vượt quá áp lực xói tới hạn của phù sa đáy và cuốn phù sa theo cột nước. Áp lực xói tới hạn trong trường hợp này được tính bằng giá trị áp lực xói cần thiết để truyền động năng cho các hạt phù sa tĩnh tại bề mặt phân cách giữa nước và tầng phù sa. Do phần lớn lượng bùn xói do tác động của chân vịt tàu thủy sẽ bồi lắng lại trong vòng vài mét tính từ điểm xói nên có thể coi hoạt động của các tàu thương mại, tàu lai dắt và các tàu phụ trợ sử dụng trong các dự án xây dựng công trình hàng hải, bao gồm cả nạo vét có thể là nguyên nhân chính gây nên hiện tượng sa bồi cục bộ.

## 2. Giới thiệu mô hình toán và áp dụng tính toán cho luồng tàu Hải Phòng

Một số nhà nghiên cứu đã xây dựng được một số mô hình tính toán vận tốc đáy và áp suất xói có thể được áp dụng để xác định lượng sa bồi do chân vịt của nhiều loại tàu thủy gây ra. Đó là các mô hình của Verehey 1983, Hamill 1999 và Maynord 2000.

Mô hình của Verehey là mô hình đầu tiên được xây dựng để tính toán lượng sa bồi do tác động của chân vịt tàu. Tuy nhiên, mô hình này chỉ được áp dụng cho các khối bùn lớn có kích cỡ từ 0,1 – 0,3m. Mô hình của Hamill tính toán được lượng sa bồi cục đại và chỉ ra vị trí sa bồi có liên quan tới chân vịt tàu. Tuy nhiên, mô hình này chỉ được áp dụng để tính toán trong trường hợp độ sâu từ mớn nước cục đại tới lớp phù sa bằng 50% - 250% đường kính của chân vịt và với giả thiết phù sa không dính và có tính đồng nhất theo độ sâu.

Mô hình của Maynord (2000) có thể được coi là mô hình tính toán hiệu quả nhất. Mô hình này tính đến các thông số kỹ thuật quan trọng của tàu thủy bao gồm chiều dài, chiều rộng, mớn nước, kích thước và độ sâu của chân vịt, khoảng cách giữa các chân vịt của động cơ kép; vận tốc và mã lực của tàu và độ sâu của luồng. Maynord đưa ra hai mô hình tính toán như sau:

**Mô hình Zone 1: Áp dụng đối với vùng  $X_p < 10 D_p$  tính từ chân vịt về phía sau**

Trong đó:

$$V_1(X_p, Y_{cl}) = AX_p^{0.524} \left( e^{-\frac{15.4 R_1^2}{X_p^2}} + e^{-\frac{15.4 R_1^2}{Y_{cl}^2}} \right) \quad (1)$$

Trong đó:

$$A = 1.45 V_2 D_p^{0.524} \quad (2)$$

$$R_1^2 = (Y_{cl} - 0.5 W_p)^2 + (H_p - C_j)^2 \quad (3)$$

$$R_2^2 = (Y_{cl} + 0.5 W_p)^2 + (H_p - C_j)^2 \quad (4)$$

$$C_j = - \left[ 0.213 - 1.05 \left( \frac{C_p g}{V_2^2} \right) (X_p - 0.5 L_{set}) \right] (X_p - 0.5 L_{set}) \quad (5)$$

$$V_2 = \frac{1.13}{D_0} \sqrt{\frac{T}{P_w}} \quad (6)$$

$$C_p = 0.12 \left( \frac{D_p}{H_p} \right)^{0.67} \quad (\text{chân vịt trong ống Kort; } C_p=0.04) \quad (7)$$

$$EP = 23.57 P_{hp}^0 \quad (\text{chân vịt trong ống Kort; } EP = 31.82 P_{hp}^{0.974} - 5.4 V_w^2 P_{hp}^{0.5}) \quad (8)$$

$$D_0 = 0.71 D_p \quad (\text{chân vịt trong ống Kort; } D_0 = D_p) \quad (9)$$

**Mô hình Zone 2: Áp dụng đối với vùng  $X_p > 10 D_p$**

$${}^{zz}V(X_p, Y_{cl}) = 0.34 V_2 C_1 \left( \frac{D_p}{H_p} \right)^{0.93} \left( \frac{X_p}{H_p} \right)^{0.24} e^{-\left( \frac{0.0178 X_p}{D_p} + \frac{Y_{cl}^2}{2 C_{Z2} X_p^2} \right)} \quad (10)$$

Trong đó:

$$C_{Z2} = 0.84 \left( X_p / D_p \right)^{-0.62} \quad (11)$$

$$C_l = 0.66 \quad (\text{Chân vịt trong ống Kort; } C_l = 0.85) \quad (12)$$

và

$X_p$  - Khoảng cách phía sau chân vịt, m

$D_p$  - Đường kính chân vịt, m

$W_p$  - Khoảng cách giữa các chân vịt, m

$L_{set}$  - Khoảng cách từ đuôi tàu tới chân vịt, m

$H_p$  - Khoảng cách từ tâm trục chân vịt tới đáy kênh, m

$Y_{cl}$  - Khoảng cách từ tâm tàu tới mặt bên tàu, m

$C_j$  - Khoảng cách theo phương thẳng đứng từ trục chân vịt tới vị trí vận tốc cực đại trong luồng, m

$\delta_p$  - Độ sâu của chân vịt, m

$g$  - Gia tốc trọng trường, m/s<sup>2</sup>

$C_p$  - Hệ số chân vịt, (không thứ nguyên)

$T$  - Lực đẩy tiến, N

$\rho_w$  - Tỷ trọng của nước, kg/m<sup>3</sup>

Áp lực xói tác động lên bề mặt phù sa do vận tốc tàu gây ra được tính theo công thức sau:

$$\tau = 0.5 \rho_w C_{fs} V_{prop}^2 \quad (13)$$

Trong đó:

$$C_{fs} = 0.01 \left( \frac{D_p}{H_p} \right) \quad (14)$$

và:

$C_{fs}$  - Hệ số ma sát đáy của lực sục bùn do chân vịt, không có đơn vị

$\tau$  - Áp lực xói đáy, N/m<sup>2</sup>

$V_{prop}$  - Vận tốc đẩy do lực sục bùn, m/s

$\rho_w$  - Tỷ trọng của nước, kg/m<sup>3</sup>

Mối liên hệ giữa tốc độ xói bùn và áp lực xói được biểu diễn bằng phương trình sau:

$$\varepsilon = 0 \quad \text{for } \tau < \tau_{cr} \quad (15)$$

$$\varepsilon = a \tau^n \quad \text{for } \tau \geq \tau_{cr} \quad (16)$$

Trong đó:

$\varepsilon$  - Tốc độ lưu lượng bùn sục, m/giây

$\tau_{cr}$  - Áp lực xói tới hạn, Pa

$a$  - Hệ số hồi quy, m/giây/Pa

$n$  - Hệ số hồi quy, (không thứ nguyên).

Các thông số hồi quy  $a$  và  $n$  là các đặc trưng của phù sa được nghiên cứu và lấy kết quả từ thực nghiệm. Giá trị của các thông số này thường thay đổi theo độ sâu do phù sa thay đổi đặc tính.

Các nhà khoa học đã đưa ra một vài phương pháp để xác định mối liên hệ giữa tốc độ xói bùn và áp suất xói, tuy nhiên phương pháp kiểm tra SEDFLUME được coi là phương pháp phổ biến nhất. Phương pháp thực nghiệm này được tiến hành như sau: cho một lõi bùn chịu tác động của các trường áp suất xói gây ra bởi dòng chảy để xác định tốc độ xói. Kết quả của phương pháp này được sử dụng để xác định hệ số hồi quy  $a$  và  $n$ .

Có thể thấy hoạt động của chân vịt tàu sẽ gây ra áp suất xói cao và chính áp lực này sẽ gây ra hiện tượng sa bồi. Nghiên cứu của Maynord cho thấy cần đặc biệt lưu ý khi hiện tượng sa bồi này xảy ra tại luồng nước nông.

Sử dụng mô hình tính toán của Maynord có thể xác định được diện tích điểm bị sa bồi cục bộ do tác động của chân vịt tàu, đồng thời ước tính được tốc độ luồng bùn xói do hoạt động của các loại tàu thủy khác nhau. Cần tiến hành nghiên cứu thực nghiệm cụ thể hơn để đánh giá được đầy đủ lượng sa bồi và vị trí điểm sa bồi cục bộ do tác động của chân vịt tàu thủy gây ra tại luồng tàu vào cảng.

Qua nghiên cứu một số mô hình tính toán tác động của chân vịt tàu đối với việc sục, xói lớp phù sa đáy luồng tàu liên hệ với điều kiện cụ thể luồng Hải Phòng, có thể đi đến một số đánh giá ban đầu như sau:

- Với đặc điểm luồng hẹp, chế độ thủy hải văn phức tạp biến động theo các mùa trong năm việc xác định tổng lượng sa bồi hàng năm trên luồng là bài toán khá phức tạp, cần có các số liệu thống kê chi tiết ở từng đoạn để kiểm chứng con số dự báo.

- Địa chất đáy luồng Hải Phòng là phù sa bùn đất lỏng, dạng hạt mịn, dưới tác động chân vịt các tàu lớn, các tàu lai dắt trong quá trình hoạt động với tần suất rất lớn vào các cảng khu vực Hải Phòng là yếu tố tác động đáng kể cộng với chế độ sa bồi tự nhiên theo mùa lũ, đặc biệt là tác động này rất lớn khi các tàu chạy tạt dụng thủy triều với độ sâu dư từ dưới sống tàu rất nhỏ thậm chí phải chạy trên lớp bùn lỏng.

- Luồng và cảng Lạch Huyện sẽ được đưa vào sử dụng trong thời gian tới (khoảng 2016 - 2017) với trọng tải tàu khai thác rất lớn lên đến 100.000 DWT, luồng đào đến -14 mCD so với độ sâu tự nhiên trung bình hiện tại từ -3mCD đến -10 m CD, địa chất đáy và mái dốc yếu nên yếu tố tác động của chân vịt , tàu lai cỡ lớn đối với ổn định và sự sục bùn đáy luồng tàu dẫn

đến sa bồi cục bộ ở một số vị trí là rất có khả năng xảy ra. Đặc biệt tại vũng quay tàu vào 02 bến khởi động được bố trí gần đầu hạ lưu kênh Hà Nam.

- Cần có nghiên cứu sâu hơn kết hợp với các số liệu quan trắc thực tế tại từng đoạn luồng để đánh giá được ảnh hưởng của tàu đối với ổn định, sa bồi luồng tàu để có các phương án nạo vét duy tu hiệu quả đồng thời đưa ra các khuyến nghị trong quá trình khai thác.

### 3. Kết luận

Để xác định được khối lượng duy tu nạo vét cần xác định được mức độ bồi lắng của luồng tàu và các điểm sa bồi cục bộ. Đã có nhiều đề tài nghiên cứu, dự báo về bồi lắng luồng tàu nhưng vẫn chưa có được đánh giá phù hợp với điều kiện cụ thể của từng vùng. Thông thường, tốc độ bồi lắng của luồng tàu được xác định thông qua các mô hình tính toán về trường dòng chảy, trường sóng và chuyển động bùn cát để dự báo lượng bồi lắng luồng tàu do sóng biển, dòng phù sa từ các sông đổ ra. Tuy nhiên, lượng phù sa lơ lửng do hoạt động của tàu thì chưa được xem xét từ góc độ nghiên cứu trên mô hình toán.

Hiện nay, Cục Hàng hải Việt Nam đang tiến hành triển khai xây dựng một số dự án lớn về luồng hàng hải như: Luồng tàu trọng tải lớn vào các cảng trên sông Hậu và luồng tàu vào cảng cửa ngõ Quốc tế Hải Phòng. Ngoài ra, Cục Hàng hải Việt Nam còn quản lý tất cả các

### MỘT SỐ NGUYÊN NHÂN...

(Tiếp theo trang 27)

Năm	Số công trình	Dạng hư hỏng
2006	21	"Xuống cấp"
2007	29	"Xuống cấp"
2008	23	"Xuống cấp"
2009	30	"Xuống cấp"
2010	21	"Xuống cấp"
2011	20	"Xuống cấp"
2012	22	"Xuống cấp"
2013	23	"Xuống cấp"

"Xuống cấp" là hư hỏng bao gồm: Biến dạng, nứt, mất mát vật liệu mặt đường, lún nứt cao su.

### 4. Kết luận

- Tải trọng nặng, trùng phục, dòng xe có tốc độ chậm là ba nhân tố làm hư hỏng mặt đường bê tông nhựa hàng đầu, để tránh những hư hỏng trên, rất cần những biện pháp cấp bách nhằm khắc phục những nguyên nhân xuất phát từ công tác quản lý GTVT của nước ta và của các địa phương.

- Bê tông nhựa là vật liệu có tính nhạy cảm với nhiệt độ, tính chất này là do sự tồn tại của bitum trong hỗn hợp. Bản chất vật liệu của bê tông nhựa phụ thuộc vào nhiệt độ, vật liệu có tính chất đàn hồi ở nhiệt độ thấp và dẻo - chảy ở nhiệt độ cao. Vì vậy, rất cần sự nghiên cứu của các nhà chuyên môn quan tâm đặc biệt đến vấn đề ổn định nhiệt cho hỗn hợp bê tông nhựa khi thiết kế và chế tạo nó.

### 5. Kiến nghị

- Hiện nay, Bộ GTVT đang quyết tâm giải quyết vấn đề xe vượt tải. Đây là việc làm được dư luận quan tâm và đồng tình vì vấn đề vượt tải không những làm hư hỏng cầu đường mà còn là vấn đề ATGT nhằm kéo

luồng tàu quan trọng như luồng tàu Hải Phòng, luồng vào các cảng trên sông Sài Gòn, Soài Rạp... Do vậy, nghiên cứu áp dụng mô hình tính toán dòng phù sa lơ lửng do hoạt động của chân vịt tàu là hết sức cần thiết cho việc dự báo để kiểm tra giám sát, theo dõi và lập kế hoạch duy tu nạo vét luồng hàng năm □

### Tài liệu tham khảo

[1]. Propeller Wash Scour Near Quay Walls, *Journal Of Waterway, Port, Coastal, And Ocean Engineering*, Hamill, G. A.; Johnsto, H. T.; and Stewart, D. P, July/August 1999.

[2]. Determintion of the Efflux Velocity from a Ship's Propeller, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Maritime Engineering*, Hamill, G.A; McGarvey J.A; and Hughes, D.A.B, 2004.

[3]. Ship Effects at the Bankline of Navigation Channels, *Proceeding of the Institution of Civil Engineers, Maritime Engineering*, Maynord, Stephen T. June 2004.

[4]. Physical Forces Near Commercial Tows, *Interim Report*, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Maynord, Stephen T, 2000.

Ngày nhận bài: 20/6/2014

Ngày chấp nhận đăng: 07/7/2014

Người phản biên: GS. TS. Phạm Văn Giáp  
TS. Bùi Việt Đông

giảm tai nạn trên đường bộ. Tuy nhiên, việc làm này, phải làm thường xuyên với quyết tâm cao, không để tình trạng vượt tải lặp lại.

- Cần nghiên cứu sâu sắc về ảnh hưởng của nhiệt độ, độ bền khai thác của mặt đường bê tông nhựa phụ thuộc vào các yếu tố như: Nhiệt độ, không khí, nước, bản chất cốt liệu, thành phần hỗn hợp bitum - cốt liệu, độ chặt khi đầm nén mặt đường, tải trọng và thời gian tác dụng của tải trọng. Trong đó, nhiệt độ đóng vai trò quan trọng và chi phối rất lớn.

- Bê tông nhựa hiện nay chủ yếu sử dụng nhựa đặc bán cứng 60/70, với loại nhựa này, nhiệt độ hóa mềm thấp hơn 56°C. Như vậy, với điều kiện khí hậu ở Nam bộ, nhiệt độ mặt đường lên đến 65°C, thì việc nghiên cứu ổn định nhiệt cho mặt đường là cần thiết.

Bài toán khắc phục những hạn chế của bê tông nhựa dưới tác động của môi trường có điều kiện nhiệt độ cao, tải trọng xe lớn, ở Nam bộ nói riêng và Việt Nam nói chung cần được giải quyết, nhằm nâng cao tuổi thọ và tránh sự cố công trình xảy ra □

### Tài liệu tham khảo

[1]. PGS. TS. Trần Thị Kim Đăng, *Độ bền khai thác & tuổi thọ kết cấu mặt đường bê tông nhựa*, NXB. GTVT, Hà Nội, 2010.

[2]. TS. Đào Văn Đông, *Một số vấn đề liên quan đến chất lượng bê tông asphalt và mặt đường mềm ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số 6/2012.

[3]. GS. TS. Phạm Duy Hữu, PGS. TS. Đào Văn Đông, ThS. Nguyễn Ngọc Lân, *Nghiên cứu đánh giá hư hỏng mặt đường bê tông asphalt có liên quan đến xô dón và trượt nứt trên một số quốc lộ Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số 8/2013.

[4]. TS. Hiromitsu Nakanishi, ThS. Nguyễn Ngọc Lân, *Nâng cao ổn định nhiệt cho bê tông asphalt bằng phụ gia Ta-pack-super (TPS)*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 11+12/2012.

Ngày nhận bài: 15/6/2014

Ngày chấp nhận đăng: 10/7/2014

Người phản biên: TS. Phạm Văn Hùng